

И. В. Наумов^{а)}, Ю. В. Дубровская^{б)}, Е. В. Козоногова^{в)}^{а)} Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация^{б)} в) Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация^{а)} <https://orcid.org/0000-0002-2464-6266>, e-mail: ilia_naumov@list.ru^{б)} <https://orcid.org/0000-0002-3205-9264>^{в)} <https://orcid.org/0000-0001-9573-7336>

Цифровизация промышленного производства в регионах России: пространственные взаимосвязи¹

Новый общемировой тренд цифровизации оказывает существенное влияние на экономическое и социальное развитие территориальных систем различного уровня, от муниципального до макроэкономического. Цифровая трансформация промышленных предприятий, согласно нашей гипотезе, становится ключевым фактором территориальной конкурентоспособности, который определяет перспективы развития регионов и возможности повышения темпов роста национальной экономики. Исследование пространственных взаимосвязей в процессах использования цифровых технологий производственными предприятиями на региональном уровне и оценка влияния процессов цифровизации на обновление кадрового потенциала промышленности регионов стали главной целью первого этапа обоснования представленной гипотезы. Для анализа цифровой модернизации промышленности в регионах мы использовали официальные статистические данные по удельному весу организаций, использующих RFID-технологии, которые позволяют осуществлять автоматическую идентификацию объектов. Выбор данного показателя обусловлен тем, что технологии RFID являются наиболее близкими к киберфизическим системам, которые и обеспечивают так называемое умное производство — главный индикатор четвертой промышленной революции.

Исследование пространственной неоднородности цифровой трансформации промышленности по регионам России было произведено с помощью глобального и локальных индексов Морана с использованием миграционной матрицы пространственных весов. Для исследования межрегиональных взаимосвязей в процессах использования цифровых технологий производственными предприятиями использовалась матрица локальных индексов автокорреляции Л. Анселина.

Полученный в ходе расчетов отрицательный индекс пространственной автокорреляции доказывает, что процессы цифровизации промышленного производства имеют высокую пространственную неоднородность: лишь малая часть регионов отличается высоким уровнем использования RFID-технологий производственными предприятиями. С помощью матрицы миграционных потоков выпускников было выявлено, что субъекты РФ отличаются не только показателями использования цифровых технологий, но и уровнем привлекательности для молодых высококвалифицированных кадров. Результаты проведенного пространственного анализа доказывают, что внедрение технологий умного производства промышленными предприятиями является значимым фактором прогрессивного социально-экономического развития территорий. Данный вывод открывает широкие горизонты в области исследования как теории регионального экономического роста, так и вопросов трансформации цифрового пространства национальной экономической системы.

Ключевые слова: цифровая трансформация, промышленное предприятие, RFID-технологии, матрица миграционных потоков, индекс Морана, пространственная автокорреляция, локальный индекс пространственной автокорреляции, пространственная неоднородность, высококвалифицированные кадры, цифровое пространство

Благодарность

Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН на 2020 год.

Для цитирования: Наумов И. В., Дубровская Ю. В., Козоногова Е. В. Цифровизация промышленного производства в регионах России. Пространственные взаимосвязи // Экономика региона. 2020. Т. 16, вып. 3. С. 896–910. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-17>

¹ © Наумов И. В., Дубровская Ю. В., Козоногова Е. В. Текст. 2020.

ORIGINAL PAPER

UDC 332.1+338.45

Ilya V. Naumov ^{a)}, Julia V. Dubrovskaya ^{b)}, Elena V. Kozonogova ^{c)}^{a)} Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation^{b, c)} Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation^{a)} <https://orcid.org/00000-0002-2464-6266>, e-mail: ilia_naumov@list.ru^{b)} <https://orcid.org/00000-0002-3205-9264>^{c)} <https://orcid.org/00000-0001-9573-7336>**Digitalisation of Industrial Production in the Russian Regions: Spatial Relationships**

Digitalisation is a new global trend that significantly influences the economic and social development of various territorial systems (from municipal to macroeconomic level). We hypothesise that the digital transformation of industrial enterprises is becoming a key factor of territorial competitiveness that determines regional development prospects and the possibility of increasing the growth rate of the national economy. To substantiate this hypothesis, we examined the spatial relationships, which emerge when industrial enterprises introduce digital technologies at the regional level, as well as assessed the impact of digitalisation processes on the renewal of the human resource capacity of the regional industry. For analysing the digital modernisation of the regional industry, we used official statistics on the share of organisations using radio-frequency identification (RFID). We chose this particular indicator because RFID-technology is the closest to cyber-physical systems, which enable the so-called smart production (the main indicator of the fourth industrial revolution). Using the global and local Moran's indexes and the migration matrix of spatial weights, we studied the spatial heterogeneity of the digital industry transformation across the Russian regions. Anselin's local autocorrelation matrix was applied to analyse inter-regional relationships, which emerge when manufacturing enterprises use of digital technologies. The calculated negative spatial autocorrelation index proves that digitalisation processes in industrial production have a high spatial heterogeneity: only a small part of the regions is characterised by a high level of RFID use by manufacturing enterprises. Using the migration flow matrix of graduates, we revealed that the constituent entities of the Russian Federation differ not only in indicators of using digital technologies but also in attractiveness to young, highly qualified personnel. The results of the spatial analysis confirm that the introduction of smart production technologies by industrial enterprises significantly influences the progressive socio-economic development of territories. This conclusion opens up new topics for research, including the theory of regional economic growth and the issues of transformation of the digital space of the national economic system.

Keywords: digital transformation, industrial enterprise, RFID-technology, migration flow matrix, Moran's index, spatial autocorrelation, local index of spatial autocorrelation, spatial heterogeneity, highly qualified personnel, digital space

Acknowledgments

The article has been prepared in accordance with the plan of Institute of Economics of the Ural Branch of RAS for 2020.

For citation: Naumov, I. V., Dubrovskaya, J. V. & Kozonogova, E. V. (2020). Digitalisation of Industrial Production in the Russian Regions: Spatial Relationships. *Ekonomika regiona* [Economy of region], 16(3), 896-910, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-17>

Введение

Цифровая трансформация предприятий в настоящее время рассматривается в качестве новой объективной реальности общественного и хозяйственного развития. Ее появление связывают с четвертой промышленной революцией, обусловившей переход к неоиндустриальной модели экономического развития. Главной предпосылкой для реализации данной модели является полномасштабное внедрение умного производства, что означает «интеграцию цифровых технологий в производственные процессы на основе «умных машин» [1, с. 97], а также создание специализированных ИКТ-платформ, координирующих управление полным жизненным циклом создаваемого продукта.

При этом очевидно, что изменение порядка организации производственных про-

цессов приведет к возникновению новых факторов конкурентоспособности. Рассказывая о мировой угрозе монополизации в сфере информационных технологий на деловом инвестиционном саммите Ассоциации государств Юго-Восточной Азии, Д. Медведев отметил, что новые технологии усиливают социально-экономический разрыв между странами¹.

В контексте вышеизложенного важно отметить, что удельный вес отечественных промышленных предприятий в общей численности предприятий, использующих в 2018 г. технологии автоматической идентификации объектов (RFID), на 45 % ниже аналогичного показателя, рассчитанного по 28 странам

¹ Дмитрий Медведев принял участие в Деловом инвестиционном саммите Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (ACEAN) // Правительство России. URL: <http://government.ru/news/38266/> (дата обращения: 27.02.2020).

европейского союза (11,4 % против 16,6 %)¹. При этом доля промышленных предприятий России, использующих в 2018 г. CRM (17,3 %) и ERP-системы (27,6 %)², почти в 2 раза ниже аналогичных показателей в 2019 г. по 28 европейским странам (32,8 % и 45,8 % соответственно)³.

Таким образом, фактический уровень цифровизации в промышленном секторе национальной экономики намного ниже потенциального. Вместе с тем, в исследовании, посвященном определению зависимости между цифровизацией и успешностью бизнеса (ОЭСР 2019 г. «Динамика бизнеса и цифровизация» [2]), важным эмпирическим результатом является то, что именно технологии объясняют порядка 40 % наблюдаемой динамики развития бизнеса. Учитывая высокий потенциал цифровизации бизнеса в России, авторы настоящей работы попытались рассмотреть цифровую трансформацию промышленных предприятий как ключевой фактор территориальной конкурентоспособности, определяющий перспективы развития субъектов РФ и возможности повышения темпов роста национальной экономики.

Теоретические вопросы исследования

Говоря о цифровизации как «значимом ресурсе экономического развития и повышения конкурентоспособности территорий» [1, с. 98] следует отметить, что большинство публикуемых рейтингов конкурентоспособности практически не учитывают уровень цифровизации (в том числе цифровизации бизнеса) при расчете интегральных индексов конкурентоспособности [3]. Исключение составляют индекс готовности стран к сетевому обществу *NRI* (*Networked Readiness Index*), рассчитываемый с 2001 г. международной организацией «Всемирный экономический форум» совместно с Международной школой бизнеса «INSEAD» [4], и международный интегральный индекс цифровой экономики и общества, *I-DESI* (*International Digital Economy and Society Index*), публикуемый Европейской комис-

сией с 2016 г. [5]. Остановимся более подробно на методиках их оценки.

Первый индекс (*NRI*) отражает степень готовности стран к повсеместному использованию ИКТ через уровень развития информационного общества. В основе исследования лежит предположение о высокой зависимости экономического благополучия населения от развития ИКТ прежде всего за счет того, что ИКТ являются основой повышения производительности и диверсификации экономики.

Начиная с 2019 г. индекс готовности стран к сетевому обществу измеряет уровень развития ИКТ по 62 параметрам, объединенным в четыре основные группы:

- уровень развития технологий;
- уровень использования ИКТ в общественном, коммерческом и государственном секторах;
- уровень безопасности национальной цифровой среды (с точки зрения защищенности данных и обеспечения неприкосновенности частной жизни);
- оценка зависимости параметров общего благосостояния (экономического, социального, человеческого капитала) от участия в сетевой экономике.

По итогам 2019 г. Россия заняла 48-е место из 121 страны, опустившись на 7 позиций по сравнению с 2016 г. и пропустив вперед Уругвай, Румынию и Чили. Главными субиндексами, обусловившими понижение России в общемировом рейтинге, являются:

- субиндекс «технологии будущего» (72-е место), включающий такие показатели, как расходы на программное обеспечение, уровень роботизации и др.;
- субиндекс «государственное регулирование ИКТ сектора» (91-е место), включающий такие показатели, как простота ведения бизнеса, адаптивность правовой базы к цифровым технологиям, качество нормативно-правовой базы в области электронной торговли и ИКТ;
- субиндекс «качество жизни россиян» (85-е место), включающий такие показатели, как оценка счастья и свободы выбора, неравенство доходов, ожидаемая продолжительность здоровой жизни при рождении.

Второй индекс (*I-DESI*) состоит из пяти групп показателей (связь, человеческий капитал, использование интернета, интеграция цифровых технологий в бизнесе, цифровые государственные услуги), характеризующих уровень цифровой инфраструктуры и охват использования ИКТ-технологий различными

¹ Рассчитывается, как отношение числа промышленных предприятий, использующих RFID-технологии, к общему количеству предприятий, расположенных на территории 28 стран Европейского союза в 2018 г.

² Цифровая экономика: 2020. Краткий стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; И60 Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2020. 112 с.

³ OECD Data. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS (дата обращения 29.05.2020).

экономическими макроагентами (домохозяйствами, фирмами, государством). Для расчета интегрального индекса цифровой экономики используются известные международные источники данных. В итоговом рейтинге за 2016 г. Россия заняла 39-е место из 45 стран (28 — Европейского союза и 17 других стран), обогнав Мексику, Бразилию, Турцию, Чили. Важно отметить, что по параметру «интеграция цифровых технологий в бизнесе», характеризующему цифровизацию промышленности, Россия в общем списке заняла предпоследнее место, опережая только Сербию.

Таким образом, национальная экономика обладает значительным потенциалом цифровизации промышленного сектора. Важность его реализации закреплена на высшем уровне страны Программой «Цифровая экономика Российской Федерации»¹, а также подчеркивается в Указе Президента «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». При этом, согласно данному Указу, одним из основных направлений развития российских информационно-коммуникационных технологий является индустриальный интернет². Законодателем отмечается высокая роль развития технологий сбора и обработки больших данных, накапливаемых промышленными объектами. Отметим, что оценки развития ИКТ-сектора в России составляются Федеральной службой государственной статистики начиная с 2005 г., а с 2017 г. выпускается статистический сборник «Индикаторы цифровой экономики», в котором представлены данные по показателям инфраструктуры цифровой экономики.

Кроме того, Госкомстат РФ, проводя ежегодный анализ социально-экономического состояния регионов, отдельным блоком выделяет раздел «информационные и коммуникационные технологии». Научные организации и рейтинговые агентства оценивают на основе указанных статистических данных общий уровень цифровизации субъектов Российской

Федерации³ [6]. При этом совершенно объективно отмечается, что страна не входит в группу лидеров цифровой экономики по многим показателям — доле цифровой экономики в ВВП (3,9 %, что в 2–3 раза ниже, чем у стран-лидеров), количеству публикаций в области ИКТ в изданиях, индексируемых в международных базах, и патентных заявок в области ИКТ (2 и 0,35 % от общемирового количества соответственно), доле специалистов по ИКТ в общей численности занятых (1,2 % в общей численности занятых) и т. д. Также подтверждая результаты оценок международных организаций, отмечается, что Россия заметно отстает от ведущих стран по такому важнейшему показателю с точки зрения конкурентоспособности, как цифровизация бизнеса.

Понимая возможные негативные последствия отставания национальной экономики от общемировых тенденций цифровизации, отечественные ученые активно ищут рецепты интенсификации цифровой трансформации хозяйственной системы. По проблематике цифровой экономики в последние годы опубликовано значительное количество исследований, что подтверждается библиографическими оценками: в 2015 г. в базе библиографической информации РИНЦ было зафиксировано 12 научных публикаций со словосочетанием «цифровая экономика» в названии статьи, в 2016 г. — 55 [7]. После принятия госпрограммы «Цифровая экономика РФ», в 2017 г. уже было опубликовано 500 публикаций, в 2018 г. число публикаций выросло более чем в 3 раза — до 1876, в 2019 г. — до 2042.

В качестве основных проблем цифровизации различных секторов экономики, выделенных учеными, отмечаются низкий уровень «цифровых компетенций» кадров в сфере АПК, а также неразвитость ИКТ в малых городах и сельской местности [8, 9], отсутствие необходимой нормативно-правовой базы [10], высокий износ оборудования [11, 12], технологическая некомпетентность пользователей — потенциальных покупателей онлайн-магазинов и недостаточно развитая цифровая инфраструктура, несоответствие веб-ресурсов муниципалитетов уровню федеральных и региональных интернет-порталов [13–15].

¹ Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р // Правительство РФ. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 07.02.2020).

² О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 // Президент РФ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919/page/1> (дата обращения: 07.02.2020).

³ Индекс «Цифровая Россия». URL: <https://finance.skolkovo.ru/ru/sfice/research-reports> (дата обращения 10.02.2020); Индикаторы цифровой экономики: 2019. Стат. сб. / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики». М. : НИУ ВШЭ, 2019. 248 с.

Основной вывод проведенного обзора литературы — конкурентоспособность организации в любой сфере деятельности в настоящий момент связана с уровнем цифровой трансформацией в решении бизнес-задач. При этом учеными доказано, что цифровые технологии неодинаково влияют на различные сферы деятельности. Учитывая, что основной мультипликационный эффект на экономический рост оказывает такой важный сектор национальной экономики, как обрабатывающая промышленность [11, 16–18], считаем, что цифровизация именно промышленного сектора является ключевым фактором интенсификации экономического роста.

По официальным статистическим данным за 2017 г., доля обрабатывающей промышленности в отраслевой структуре ВВП России составляет 17,4 %, лидируя среди других отраслей экономики. Второе место занимает оптовая и розничная торговля 16,7 %, третье место — добывающий сектор — 12,1 %¹. Несмотря на это, прирост ВВП национальной экономики за 2017 г. обусловлен развитием таких отраслей, как добыча полезных ископаемых (+0,34 п. п.), строительство (+0,26 п. п.), деятельность финансовая и страховая (+0,24 п. п.), государственное управление и обеспечение военной безопасности (+0,24 п. п.)².

При этом, если в 1995 г. на долю минеральных продуктов приходилось 42,5 % экспорта, то в 2000 г. уже 53,8 %, в 2007 г. — 64,9 %, в 2011 г. — 70,3 %³. К концу 2019 г. данное значение снизилось на 7 п. п. — до 63,3 %⁴. Пропорционально указанным трендам изменяется и доля нефтегазовых доходов в федеральном бюджете: с 24,4 % в 1997 г. до 32,3 % в 2002 г., 40,7 % в 2007 г., 50,4 % в 2012 г. и 46,4 % в 2018 г.⁵ В результате индекс произ-

водства по виду экономической деятельности «добыча полезных ископаемых» за последние годы (2015–2018 гг.) рос, в то время как по виду экономической деятельности «обрабатывающие производства» — нет (например, в 2015 г. индекс упал на 2,3 %) ⁶.

В данном контексте стоит отметить, что доля нашей страны в мировом промышленном производстве снизилась с 16,2 % в 1980 г. [17] до 1,4 % в 2018 г.⁷ С целью анализа и объяснения данных негативных тенденций нами был проведен дополнительный литературный обзор публикаций отечественных ученых на тему перспектив развития обрабатывающей промышленности в национальной экономике и потенциала его цифровой трансформации.

Было выявлено, что учеными доказана высокая зависимость между затратами на информационно-коммуникационные технологии и объемом промышленного производства [19, 20], а также повышением конкурентоспособности продукции [21] и прибыльности предприятий⁸, раскрыты тенденции и актуализированы проблемы развития промышленного сектора национальной экономики в условиях цифровизации [22], обосновано, что успешное инновационно ориентированное развитие промышленного комплекса региона может быть обеспечено за счет создания адекватной институциональной структуры [23, 24].

В результате проведенного теоретического анализа было обосновано, что ключевой проблемой цифровизации промышленности национальной экономики является факт незавершенности этапа Индустрии 3.0. Это обусловлено, в частности, высокой степенью износа основных фондов в обрабатывающей промышленности (50,6 % от общего объема основных фондов по данным Росстата на конец 2018 г.⁹). В связи с тем, что цифровые ин-

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 06.03.2020).

² Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. 2019. Вып. № 48 (апр.). URL: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/21974.pdf> (дата обращения: 12.02.2020).

³ Сырьевая специализация может быть благом для России // ГБУ «Центр перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан». URL: <https://spei.tatarstan.ru/index.htm/news/217568.htm> (дата обращения: 10.02.2020).

⁴ Товарная структура экспорта // Федеральная таможенная служба. URL: <http://customs.ru/folder/519> (дата обращения: 08.02.2020).

⁵ Краткая информация об исполнении федерального бюджета // Министерство финансов России. URL: https://www.minfin.ru/ru/statistics/fedbud/execute/?id_65=80041-

yezhegodnaya_informatsiya_ob_ispolnenii_federalnogo_byudzheta_dannye_s_1_yanvarya_2006_g (дата обращения: 10.02.2020).

⁶ Индекс производства // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57807> (дата обращения: 10.02.2020).

⁷ Manufacturing, value added (current US\$) // World Bank national accounts data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.MANF.CD?end=2018&start=1960&view=chart> (дата обращения: 12.02.2020).

⁸ Цифровое будущее России. Что нам готовит программа «Цифровая экономика» // Цифровое производство. Сегодня и завтра российской промышленности. 2017. № 2. С. 6–18. URL: http://up-pro.ru/imgs/specprojects/digital-pro/Digital_production_2.pdf (дата обращения: 07.02.2020).

⁹ Степень износа основных фондов на конец года // Федеральная служба государственной статистики России.

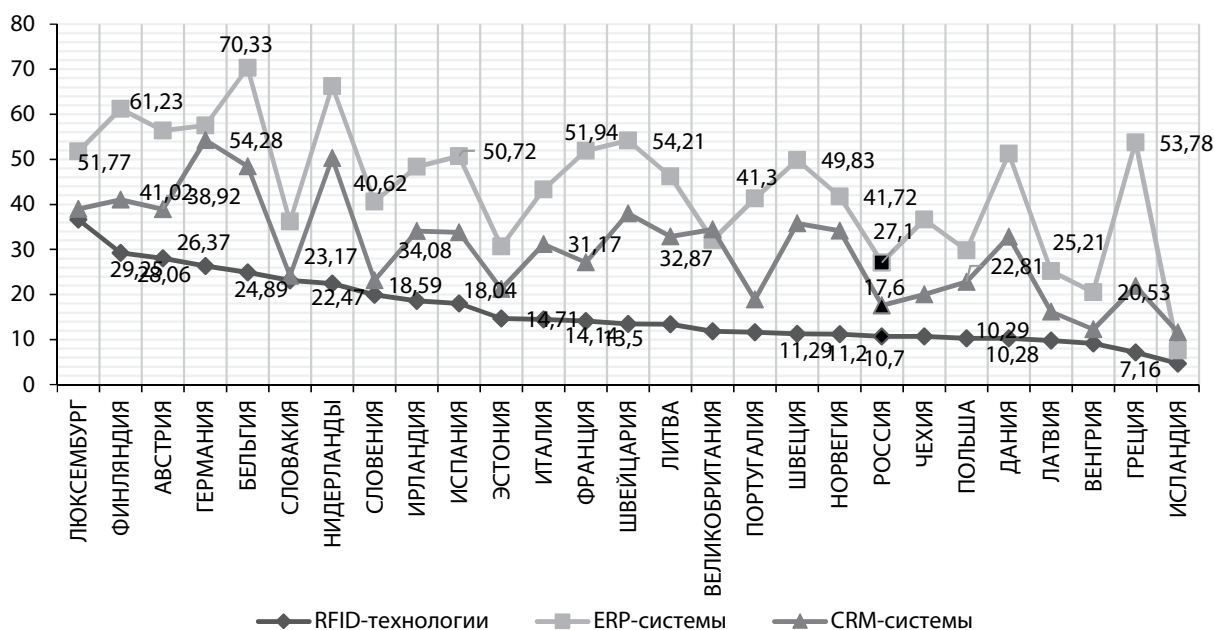


Рис. 1. Использование RFID-технологий, ERP- и CRM-систем в обрабатывающей промышленности в 2017 г. (% от общего числа организаций)

Figure 1. The use of RFID technologies, ERP and CRM systems in the manufacturing industry in 2017 (percentage of the total number of organizations)

струменты (RFID-технологии, ERP-системы, CRM-системы, облачные сервисы и прочее) адаптированы под инновационное оборудование, полномасштабная цифровизация создает угрозу отставания для стран (в том числе и России), не прошедших полноценную модернизацию оборудования. На рисунке 1 представлены сравнительные данные по доле предприятий от общего числа организаций обрабатывающей промышленности, использующей цифровые технологии, в России¹ и странах Европейского союза в 2017 г.²

Согласно рисунку 1, в России CRM- и ERP-системы используют только 17,6 % и 27,1 % соответственно промышленных предприятий среди анализируемых стран (при максимальных значениях 54,3 % и 70,3 % соответственно). RFID-технологии в России используют 10,7 % промышленных предприятий при максимальном значении 26,4 %.

На основе вышеизложенного теоретического и аналитического обобщения можно объективно заключить, что именно от развития сектора обрабатывающей промышленности,

его технической и цифровой модернизации зависят как повышение конкурентоспособности национальной экономики, так и темпы экономического роста страны.

Данные и методы исследования

В нашем исследовании для анализа цифровой модернизации промышленности мы использовали показатель «удельный вес организаций (в общем числе организаций), использующих технологии автоматической идентификации объектов, позволяющих посредством радиосигналов считывать или записывать данные, хранящиеся в RFID-метках». Поясним более детально, на чем был основан наш выбор.

В целом, система показателей роботизации и автоматизации отечественных организаций включает в себя широкий перечень региональных данных, публикуемых Росстатом и отражающих использование ими информационных и коммуникационных технологий. Вместе с тем, более подробное изучение статистических баз данных выявило две актуальные проблемы формирования выборки при проведении территориальных исследований в области цифровизации: во-первых, высокая агрегация показателей с точки зрения типов хозяйствующих субъектов, во-вторых, отсутствие в большинстве случаев детализации в разрезе отраслевой структуры деятельности организаций. Например, интересным в данном контексте является показатель «передовые производствен-

URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/business/osnfond/STIZN_ved.htm (дата обращения: 09.02.2020).

¹ Индикаторы цифровой экономики: 2019. Стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2019. 248 с.

² OECD Data. URL: <https://data.oecd.org/searchresults/?r=+f/type/indicators> (дата обращения: 12.02.2020).

ные технологии». Но он представлен Росстатом в общей структуре предприятий, без детализации по отраслевой принадлежности.

Вместе с тем, в нашем исследовании такая детализация имеет ключевое значение. Это связано с тем, что большая часть ИКТ отечественных предприятий развивается в области систем, предназначенных для учета и планирования взаимоотношений с клиентами и поставщиками (системы *CRM, ERP, SCM*), а не в области производственных систем. Вместе с тем, указанные системы (*CRM, ERP, SCM*) — это та электроника, которая не участвует в модернизации производственного процесса, а обслуживает пусть не менее важные, но вспомогательные процессы деятельности предприятия¹.

Принципиально иные задачи возложены на технологии *RFID*, использование которых на любом из этапов управления цепочками поставок предоставляет компании уникальные возможности управления процессом производства и управления запасами [25]. Благодаря применению систем бесконтактной идентификации осуществляется автоматический сбор информации о перемещении промаркированных объектов, участвующих в технологических цепочках производства. Так, наиболее показательным примером эффективного использования *RFID* на производстве является автомобильная промышленность, когда в каждом технологическом цикле в *RFID*-транспондер записывается информация об уже произведенных операциях и о том, кто эти операции выполнил, для использования ее при последующем контроле качества [26].

Таким образом, *RFID* действительно является технологией, наиболее близкой к киберфизическим системам, обеспечивающим «умное производство», что обуславливает выбором данного показателя в качестве индикатора уровня цифровизации промышленности.

Данные по 83 субъектам Российской Федерации за 2017 г. представлены в сборнике «Индикаторы цифровой экономики: 2019», посвященном основным аспектам развития цифровой экономики в России². Так, меньше всего предприятий (1,6 % от общего числа предприятий) использует технологию *RFID* в Республике

Дагестан, больше всего (8,5 % от общего числа предприятий) — в г. Москве. В среднем по России лишь 4,5 % предприятий использует данную технологию.

Исследование пространственной неоднородности цифровой трансформации промышленности по регионам России было произведено с помощью инструментария пространственной эконометрики, в частности, путем расчета глобального индекса Морана (глобальная пространственная автокорреляция), который позволяет определить наличие или отсутствие пространственной кластеризации регионов в исследуемой сфере, центры локализации и концентрации ресурсов («полюса роста») и связанные с ними территории. Индекс Морана рассчитывается по формуле (1):

$$I = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i \sum_j w_{ij}}, \quad (1)$$

где w_{ij} — элемент матрицы весов W ; x_i — исследуемый показатель региона i ; n — общее число объектов (количество регионов).

При анализе пространственной неоднородности важным вопросом качества полученных результатов является проблема выбора подходящей взвешивающей матрицы, с помощью которой присваиваются веса наблюдениям из других географических ареалов в соответствии с их местоположением относительно искомого региона. Каждый элемент такой матрицы (w_{ij}) идентифицирует взаимосвязь между регионами i и j . Отражая природу пространственного взаимодействия моделируемых объектов, взвешивающая матрица W является ключевым элементом в моделях пространственной эконометрики [27]. Учеными доказана высокая чувствительность результатов оценки модели к выбору взвешивающей матрицы [28]. В нашем исследовании расчет глобального (далее, локального) индекса Морана осуществлялся с использованием миграционной матрицы, содержащей информацию об уехавших из регионов приехавших них выпускников. Считаем, что именно данная матрица является наиболее подходящей, т. к. миграционные потоки выпускников явно демонстрируют наличие связей между регионами как с социальной точки зрения, так и с экономической. Как правило, наиболее активные выпускники переезжают в регионы с высоким уровнем жизни.

Миграционная матрица была сформирована на основании данных портала Министерства

¹ Нужна ли нам «кибернетическая» цифровизация промышленности? // Капитал страны. URL: http://kapital-rus.ru/articles/article/nujna_li_nam_kiberneticheskaya_cifrovizaciya_promyshlennosti/ (дата обращения: 02.03.2020).

² Индикаторы цифровой экономики: 2019 : статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики». М. : НИУ ВШЭ, 2019. 248 с.

образования и науки РФ¹. Построенная матрица представляет собой подобие матрицы расстояний (квадрат, столбцы и строки которого соответствуют регионам РФ) [29], однако вместо расстояний между регионами основу матрицы составляют данные об уехавших и приехавших в регионы выпускниках. Так, по горизонтали содержатся данные о числе выпускников, уехавших из региона i в регион j ² (к примеру, из г. Москвы в Московскую область уехало 9014 выпускников). А по вертикали размещены данные о числе выпускников, приехавших в регион j из региона i (к примеру, из Московской области в г. Москву уехало 14043 выпускника). Целью данного исследования был анализ пространственных взаимосвязей в процессах цифровизации промышленности на региональном уровне, поэтому мы использовали матрицу, которая не учитывает внутрирегиональные потоки (главная диагональ матрицы равна 0).

Для исследования пространственных автокорреляционных взаимосвязей между региональными системами в процессах осуществления цифровой модернизации промышленности мы использовали матрицу пространственной автокорреляции Люка Анселина [30]. Сформированная в результате расчета локальных индексов пространственной автокорреляции Морана по формулам (2) и (3) матрица отражает корреляционные взаимосвязи между исследуемыми территориальными системами. Положительные значения локальных индексов автокорреляции между парами регионов в матрице характеризуют схожесть данных территориальных систем по исследуемому показателю (рост показателя в одном регионе способствует его росту в другом).

$$LISA_{ij} = z_i \times z_j \times w_{ij}, \quad (2)$$

где $LISA_{ij}$ — индекс локальной автокорреляции между регионом i и регионом j ; w_{ij} — элемент матрицы пространственных весов W для регионов i и j ; z_i — стандартизированные значения исследуемого показателя региона i ; z_j — стандартизированные значения исследуемого показателя региона j .

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}}; \quad z_j = \frac{(x_j - \bar{x})}{\sqrt{\frac{\sum (x_j - \bar{x})^2}{n}}}. \quad (3)$$

¹ Мониторинг трудоустройства выпускников // Министерство образования и науки РФ. URL: <http://vo.graduate.edu.ru/passport/#/?slice=6&items=57&year> (дата обращения: 12.01.2020).

² i — индекс строки, j — индекс столбца ($i, j = \overline{1, n}$), n — число регионов.

Отрицательные значения локальных индексов автокорреляции, наоборот, отражают противоположные взаимосвязи между рассматриваемыми территориальными системами. Для выявления наиболее тесных, устойчивых межрегиональных взаимосвязей в процессах цифровизации в матрице Л. Анселина нами использовались средние величины, рассчитанные как для положительных, так и для отрицательных значений локальных индексов автокорреляции. Выделение в матрице значений, превышающих средние положительные и отрицательные локальные индексы автокорреляции, позволило нам установить зоны взаимовлияния полюсов роста у выявленных пространственных кластеров, то есть территории, получающие импульс от их развития или способствующие их развитию.

Результаты исследования

В результате расчета глобального индекса Морана с применением миграционной матрицы была выявлена отрицательная пространственная автокорреляция среди регионов, связанных миграционными потоками выпускников, то есть кластеризация регионов не наблюдается. В таблице представлены ре-

Таблица

Индекс Морана по показателю «удельный вес организаций (в общем числе организаций), использующих RFID-технологии», 2017 г. (весовая матрица — миграционная матрица)

Table

Moran's I for the indicator "The share of organizations (of the total number of organizations) using radio-frequency identification", 2017 (weight matrix — migration matrix)

Индекс Морана	$E(I)$	$Sd(I)$	z-статистика	p-value
-0,101	-0,012	0,042	-2,146	0,032

зультаты расчета индекса Морана и его тестовых статистик.

Рассчитанный индекс пространственной автокорреляции показал, что процессы цифровизации промышленного производства имеют высокую пространственную неоднородность: лишь малая часть регионов отличается высоким уровнем использования RFID-технологий производственными предприятиями. К таким регионам, согласно результатам пространственного автокорреляционного анализа, относятся: г. Москва, г. Санкт-Петербург, Московская, Нижегородская, Свердловская, Тюменская, Кемеровская области, республика

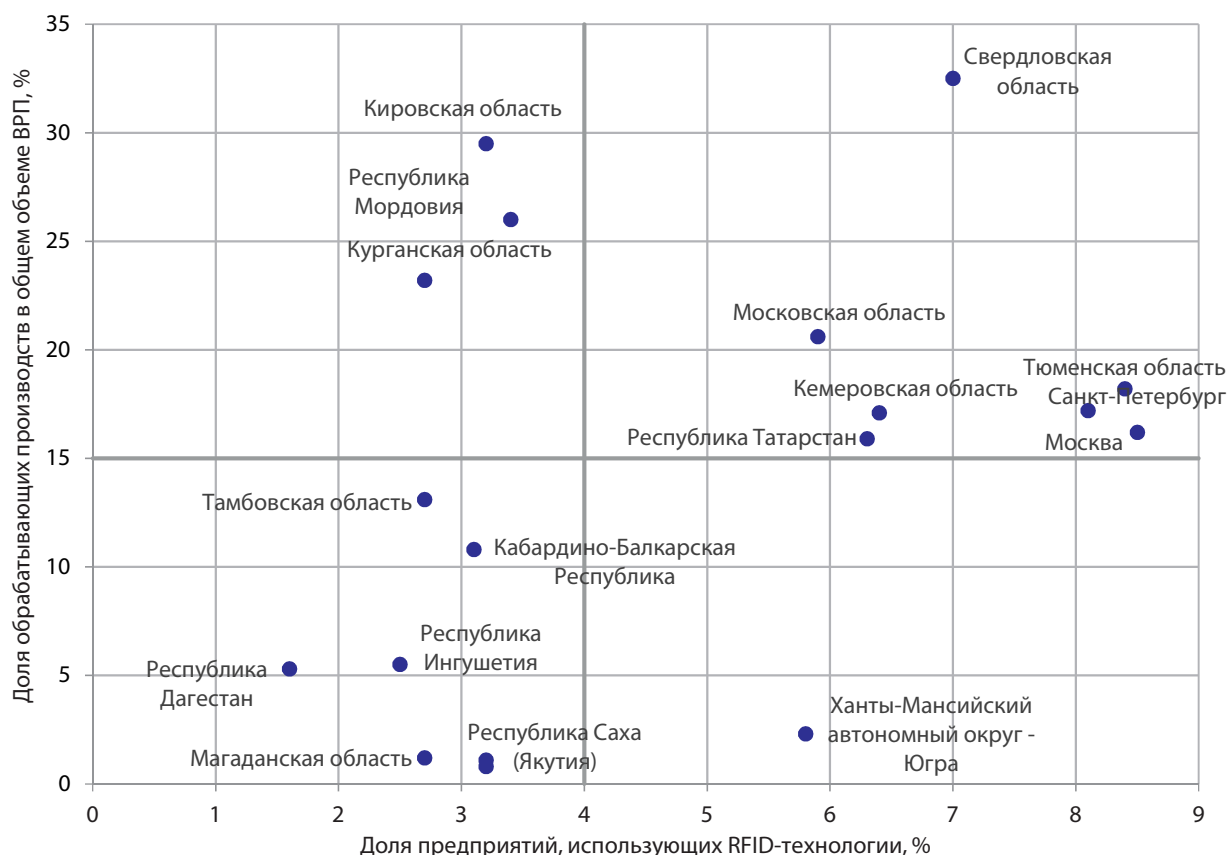


Рис. 3. Распределение регионов по доле обрабатывающих производств в общем объеме ВРП и по уровню использования RFID-технологий предприятиями

Figure 3. Distribution of the regions by the share of manufacturing industries in the total gross regional product, as well as by the level of RFID use by enterprises

ков выпускников в данных субъектах требуют дополнительного анализа.

Кроме того, в результате пространственного автокорреляционного анализа была выявлена одна интересная особенность. По методологии П. Морана, регионы, находящиеся в квадранте *LH*, обычно рассматриваются как зона влияния территориальных систем с высоким уровнем активности использования цифровых технологий, находящихся в квадранте *HH*. Однако детальное исследование пространственного взаимовлияния регионов с помощью индексов локальной автокорреляции и матрицы Люка Анселина (*LISA*) показало, что окружающие их регионы, с точки зрения миграционных потоков, с высоким уровнем использования цифровых технологий предприятиями не способствует активизации процессов цифровизации в регионах, входящих в квадрант *LH*. Отрицательная пространственная автокорреляция между ними свидетельствует об обратном воздействии регионов — центров активного использования цифровых технологий на данные территории: удельный вес организаций, использующих RFID-технологии, в них незначительный, по-

мимо этого, наблюдается отток высококвалифицированных кадров в регионы, тесно связанные с ними. Выявленные устойчивые обратные взаимосвязи между регионами мы отметили пунктирными линиями на рисунке 4.

Наиболее сильная пространственная отрицательная автокорреляция по матрице Л. Анселина (выше среднего значения) наблюдается между г. Москва и Республикой Дагестан (индекс *LISA* между ними составил 2,35), между г. Москва и Магаданской областью (–1,74), Тамбовской областью (–1,69), Кабардино-Балкарской Республикой (–1,56), Смоленской областью (–1,44), Республикой Ингушетия (–1,21). Рассчитанная матрица Л. Анселина позволила установить обратные взаимосвязи и между другими регионами, однако их значения локальных индексов автокорреляции находятся существенно ниже отрицательного среднего, и это не позволяет нам признать данные корреляционные связи тесными. Город Москва, как показал данный анализ, является территорией активного внедрения цифровых технологий в производстве, центром притяжения молодых высококвалифицированных

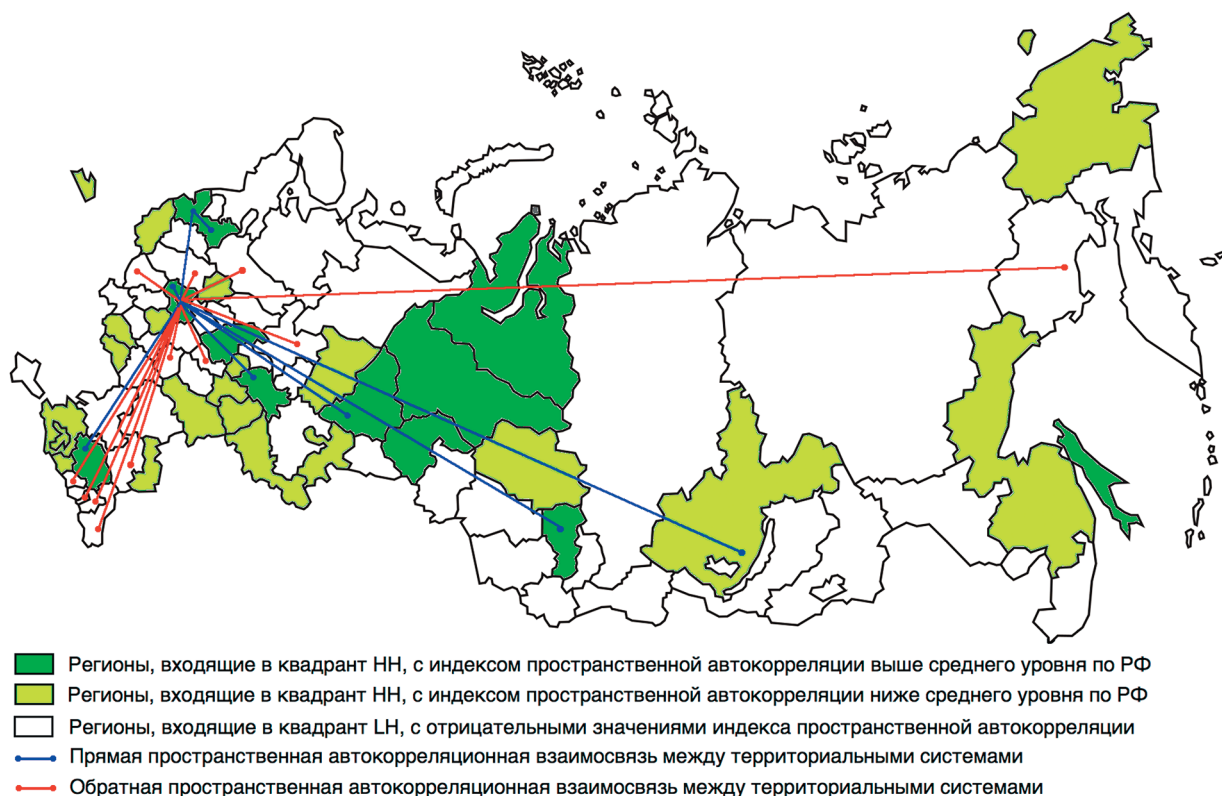


Рис. 4. Пространственная автокорреляция и межрегиональные взаимосвязи по уровню использования RFID-технологий в 2017 г.

Figure 4. Spatial autocorrelation and interregional relationships by the level of RFID use, 2017

кадров не только из центральных регионов, но и регионов, входящих в Северо-Кавказский федеральный округ.

Прямые тесные автокорреляционные взаимосвязи были выявлены между г. Москва и Московской областью (индекс LISA между ними составил 2,06), г. Санкт-Петербург (1,63), Кемеровской областью (0,92), Ставропольским краем (0,91), Республикой Татарстан (0,89), Иркутской областью (0,89) и Свердловской областью (0,8) а также между г. Санкт-Петербург и Ленинградской областью (1,73). Как мы видим, прямые автокорреляционные взаимосвязи наблюдаются только между регионами, входящими в квадрант *НН* диаграммы рассеивания П. Морана, то есть между регионами, отличающимися самыми высокими показателями использования RFID-технологий производственными предприятиями и являющимися центрами притяжения молодых высококвалифицированных кадров.

Полученные результаты проведенного пространственного анализа доказали то, что регионы, предприятия которых внедряют технологии умного производства, являются наиболее привлекательными для самого главного ресурса экономики региона — высококвалифицированных специалистов. Данный вывод со-

гласуется с ранее полученными результатами, доказавшими негативное влияние полюсов роста на окружающее пространство в результате «опустынивания» соседних территорий путем истощения их экономического потенциала [31, 32].

Заключение

По результатам проведенной работы было выявлено, что изменение пространственной организации национальной экономики в условиях цифровизации объективно имеет место. Так, детальное исследование пространственного взаимовлияния регионов с помощью матрицы Л. Анселина (*LISA*) показало, что процессы, происходящие в регионах с высоким уровнем использования цифровых технологий, не способствуют активизации процессов цифровизации в регионах, имеющих низкий уровень использования цифровых технологий. В данных регионах наблюдается низкий удельный вес организаций, использующих RFID-технологии и значительный отток высококвалифицированных кадров в регионы, тесно связанные с ними, например, г. Москва. Прямые автокорреляционные взаимосвязи по матрице Л. Анселина были выявлены только между регионами, входящими в квадрант *НН*, отлича-

ющимися самыми высокими показателями использования *RFID*-технологий производственными предприятиями и являющимися центрами притяжения молодых высококвалифицированных кадров.

Таким образом, потенциал созданной в регионе цифровой инфраструктуры является значимым конкурентным преимуществом в борьбе как за инвесторов, так и за высококвалифицированных рабочих кадров. Вместе с тем, выявленное в исследовании наличие взаимосвязи между развитием цифровой инфраструктуры в регионах и их привлекательностью для молодых специалистов может яв-

ляться следствием результативности экономической деятельности, осуществляемой в пространстве региона в целом. Этот вывод открывает широкие горизонты для дальнейших исследований в области трансформации экономического и цифрового пространства национальной экономической системы. В частности, с целью получения объективной характеристики выявленных взаимосвязей интересным направлением развития настоящей работы может стать построение авторегрессионной модели влияния активности использования *RFID*-технологий на показатели экономического развития регионов.

Список источников

1. Дубровская Ю. В. К вопросу исследования особенностей пространственной организации отечественной экономики с учетом глобальных вызовов // Пермский край. Цифровое будущее здесь и сейчас. Мат-лы V Пермского экономического конгресса, г. Пермь, 28 марта 2019 г. Пермь, 2019. С. 97–101. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/v-economicheskikongress-cifrovoe-budushee.pdf> (дата обращения: 08.02.2020).
2. Calvino A., Criscuolo C. Business dynamics and digitalization. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6e0b011a-en.pdf?expires=1583704850&id=id&accname=guest&checksum=66F7749DEA4D005E17140C0296A0B7BB> (дата обращения: 04.03.2020).
3. Schwab K. The Global Competitiveness Report 2018. URL: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf> (дата обращения: 24.02.2020).
4. The Global Information Technology Report 2016: Innovating in the Digital Economy / Baller S., Dutta S., Lanvin B., eds. URL: http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/GITR_2016_full%20report_final.pdf (дата обращения: 20.02.2020).
5. International Digital Economy and Society Index 2018 / Foley P., Sutton D., Wiseman I., Green L., Moore J. DOI: 10.2759/745483. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/international-digital-economy-and-society-index-2018> (дата обращения: 26.02.2020).
6. Банке Б., Бутенко В., Котов И., Рубин Г., Тушен Ш., Сычева Е. Россия онлайн? Догнать нельзя отстать // The Boston Consulting Group. 2016. С. 30–32.
7. Плотников В. А. Цифровизация производства. Теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4 (112). С. 16–24.
8. Воронин Б. А., Митин А. Н., Пичугин О. А. Управление процессами цифровизации сельского хозяйства России // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 86–95.
9. Афонина В. Е. Влияние цифровизации на развитие аграрного сектора экономики // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 3 (363). С. 15–17.
10. Истомина Е. А. Оценка трендов цифровизации в промышленности // Вестник Челябинского государственного университета. Экономические науки. 2018. № 12 (422). С. 108–116.
11. Харченко И. С., Харченко Л. И. Промышленность как основа национальной экономики // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2014. № 2. С. 35–45.
12. Маммаев Р. А. Некоторые аспекты проблемы амортизации основных фондов в условиях цифровой экономики // УЭПС. Управление, экономика, политика, социология. 2019. № 1. С. 61–62.
13. Ключкова Е. Н., Садовникова Н. А. Трансформация образования в условиях цифровизации // Открытое образование. 2019. Т. 23, № 4. С. 13–22.
14. Прокопьев Е. А., Курило А. Е., Губина О. В. Формирование цифрового пространства на муниципальном уровне. Обзор сайтов поселений // Экономические и социальные перемены. Факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 5. С. 76–90.
15. Васильева Е. В., Пуляева В. Н., Юдина В. А. Развитие цифровых компетенций государственных гражданских служащих Российской Федерации // Бизнес-информатика. 2018. № 4(46). С. 28–42.
16. Неровня Т. Н., Хачиров А. Д. Оценка мультипликативных эффектов от инвестиций в промышленность // Terra economicus. 2013. Т. 11, № 1, ч. 3. С. 28–34.
17. Спасский Н. С. О твердой силе и реиндустриализации России // Россия в глобальной политике. 2011. Т. 9, № 6. С. 28–42.
18. Ратнер В. С., Иосифов В. В. Стимулирование развития высокотехнологичных отраслей экономики (на примере машиностроения в Германии // Вестник Уральского Федерального университета. 2012. № 4. С. 46–58. (Экономика и управление).

19. Урасова А. А. Региональный промышленный комплекс в цифровую эпоху. Информационно-коммуникационное измерение // Экономика региона. 2019. Т. 15, № 3. С. 684–694.
20. Трачук А. В., Линдер Н. В. Инновации и производительность российских промышленных компаний // Инновации. 2017. № 4(222). С. 53–65.
21. Яковлев Г. И. Развитие конкурентоспособности предприятий на основе цифровых технологий // Синергия. Электронный научно-практический журнал. 2018. № 3. С. 29–34. URL: <https://orel.vepi.ru/wp-content/uploads/sites/10/2019/01/Sinergiya-2018.-3.pdf> (дата обращения: 05.02.2020).
22. Проблемы развития промышленного сектора экономики старопромышленных регионов России / Ускова Т. В., Лукин Е. В., Мельников А. Е., Леонидова Е. Г. // Экономические и социальные перемены. Факты, тенденции, прогноз. 2017. Т. 10, № 4. С. 62–77.
23. Никитаева А. Ю. Институциональная структура региона в контексте инновационного развития промышленности // Journal of institutional studies. 2017. Т. 9, № 1. С. 134–149.
24. Абдикеев Н. М., Богачев Ю. С., Бекулова С. Р. Институциональные механизмы обеспечения научно-технологического прорыва в экономике России // Управленческие науки. 2019. Т. 9, № 1. С. 6–19.
25. Баевский А. А. RFID-технологии и ее перспективы в России // Труды Нижегородского государственного технического университета им. П. Е. Алексеева. 2015. № 3 (110). С. 98–103.
26. Черепков С. Технология RFID. Опыт использования и перспективные направления // Компоненты и технологии. 2005. № 9. С. 154–157.
27. Семерикова Е. В. Использование пространственной зависимости в региональных исследованиях на примере анализа безработицы в России и Германии : дис. ... канд. экон. наук. М., 2017.
28. Bell K. P., Bockstael N. E. Applying the generalized-moments estimation approach to spatial problems involving micro-level data // Review of Economics and Statistics. 2000. Т. 82, № 1. С. 72–82.
29. Лободина О. Н., Шмидт Ю. Д. Оценка влияния пространственных факторов на интенсивность инновационных процессов // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2013. № 3(67). С. 20–30.
30. Anselin L. Local indicators of spatial association — LISA // Geographical Analysis. 1995. Т. 27, № 2. С. 93–115.
31. Суворова А. В. Развитие полюсов роста в Российской Федерации. Прямые и обратные эффекты // Экономические и социальные перемены. Факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 6. С. 110–128. DOI: 10.15838/esc.2019.6.66.6.
32. Русановский В. А., Марков В. А. Занятость и производительность труда в макрорегионах России. Пространственные взаимозависимости // Проблемы прогнозирования. 2018. № 2 (167). С. 36–48.

References

1. Dubrovskaya, J. V. (2019). To the question of research the features of the domestic economy spatial organization taking into account global challenges. In: *Permskiy kray. Tsifrovoye budushchee zdes i seychas. Materialy V Permskogo ekonomicheskogo kongressa, g. Perm, 28 marta 2019 g. [Perm Territory: the digital future here and now. Materials of the V Perm Economic Congress (Perm, March 29, 2019)]* (pp. 97–101). Perm. Retrieved from: <https://elis.psu.ru/node/570809> (Date of access: 08.02.2020) (In Russ.).
2. Calvino, F. & Criscuolo, C. (2019). *Business dynamics and digitalisation*. Retrieved from: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6e0b011a-en.pdf?expires=1583704850&id=id&accname=guest&checksum=66F7749DEA4D005E-17140C0296A0B7BB> (Date of access: 04.03.2020).
3. Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*. Retrieved from: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf> (Date of access: 24.02.2020).
4. Baller, S., Dutta, S. & Lanvin, B. (Eds.). (2016). *The Global Information Technology Report 2016: Innovating in the Digital Economy*. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/GITR_2016_full%20report_final.pdf (Date of access: 20.02.2020).
5. Foley, P., Sutton, D., Wiseman, I., Green, L. & Moore, J. (2018). *International Digital Economy and Society Index 2018*. Retrieved from: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/international-digital-economy-and-society-index-2018> (Date of access: 26.02.2020).
6. Banke, B., Butenko, V., Kotov, I., Rubin, G., Tushen, Sh. & Sycheva, E. (2016). *Rossiya onlayn. Dognat nelzya otstat [Russia online. Catch up cannot lag behind]*. Moscow: BCG, 360. (In Russ.).
7. Plotnikov, V. A. (2018). Digitalisation of production: the theoretical essence and development prospects of the Russian economy. *Izvestiya Sankt-peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 4(112), 16–24. (In Russ.).
8. Voronin, B. A., Mitin, A. N. & Pichugin, O. A. (2019). Management of digitalisation processes in agriculture of Russia. *Agrarnyy vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]*, 4(183), 86–95. (In Russ.).
9. Afonina, V. E. (2018). Influence of digitalisation on the development of agrarian sector of economy. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal [International Agricultural Journal]*, 3(363), 15–17. (In Russ.).
10. Istomina, E. A. (2018). Methodology assessment of trends in the digital economy of industry. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie nauki [Bulletin of Chelyabinsk State University. Economic sciences]*, 12(422), 108–116. (In Russ.).
11. Kharchenko, I. S. & Kharchenko, L. I. (2014). Industry as basis of national economy. *Gosudarstvennoe i munitsipalnoe upravlenie. Uchenye zapiski [State and Municipal Management. Scholar Notes]*, 2, 35–45. (In Russ.).

12. Mammaev, R. A. (2019). Some aspects of the problem of depreciation of fixed assets in a digital economy. *UEPS: upravleniye, ekonomika, politika, sotsiologiya* [UEPS: management, economics, politics, sociology], 1, 61–62. (In Russ.)
13. Klochko, E. N. & Sadovnikova, N. A. (2019). Transformation of education in the conditions of digitalisation. *Otkrytoe obrazovanie* [Open education], 23(4), 13–22. (In Russ.)
14. Prokop'ev, E. A., Kurilo, A. E. & Gubina, O. V. (2019). The formation of digital space at the municipal level: overview of settlement websites. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny. Fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], 12(5), 76–90. (In Russ.)
15. Vasilieva, E. V., Pulyaeva, V. N. & Yudina, V. A. (2018). Digital competence development of state civil servants in the Russian Federation. *Biznes-informatika* [Business Informatics], 4(46), 28–42. (In Russ.)
16. Nerovnya, T. N. & Khachirov, A. D. (2013). The problem of estimation of the multiplicative effects from investment in industry. *Terra economicus*, 11(1), 3, 28–34. (In Russ.)
17. Spasskiy, N. (2011). On the solid power and reindustrialization of Russia. *Rossiya v globalnoy politike* [Russia in global affairs], 9(6), 28–42. (In Russ.)
18. Ratner, S. V. & Iosifov, V. V. (2012). Stimulation of high-tech industries development (on the example of machine-building industry in Germany). *Vestnik Uralskogo Federalnogo universiteta. Seriya «Ekonomika i upravleniye»* [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management], 4, 46–58. (In Russ.)
19. Urasova, A. A. (2019). Regional Industry in the Digital Era: Information and Communication Dimension. *Ekonomika regiona* [Economy of region], 15(3), 684–694. (In Russ.)
20. Trachuk, A. V., Linder, N. V. (2017). Innovations and productivity of the Russian industrial companies. *Innovatsii* [Innovations], 4(222), 53–65. (In Russ.)
21. Yakovlev, G. I. (2018). The development of the competitiveness of enterprises on the basis of digital technologies. *Elektronnyy nauchno-prakticheskiy zhurnal «Sinergiya»* [Synergy], 3, 29–34. Retrieved from: <https://orel.vepi.ru/wp-content/uploads/sites/10/2019/01/Sinergiya-2018.-3.pdf> (Date of access: 05.02.2020). (In Russ.)
22. Uskova, T. V., Lukin, E. V., Mel'nikov, A. E. & Leonidova, E. G. (2017). Industrial development issues in the economy of the old industrial regions of Russia. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny. Fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], 10 (4), 62–77. (In Russ.)
23. Nikitaeva, A. Yu. (2017). Regional institutional structure in the context of innovative industry development. *Journal of institutional studies*, 9(1), 134–149. (In Russ.)
24. Abdikeev, N. M., Bogachev, Yu. S. & Bekulova, S. R. (2019). Institutional Mechanisms for Ensuring a Scientific and Technological Breakthrough in the Russian Economy *Upravlencheskiye nauki* [Management Sciences in Russia], 9(1), 6–19. (In Russ.)
25. Bayevskiy, A. A. (2015). RFID-technology and its perspectives in Russia. *Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. R. E. Alekseeva* [Transactions of Nizhni Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseeva], 3(110), 98–103. (In Russ.)
26. Cherepkov, S. (2005). RFID technology. Experience of using and prospective directions. *Komponenty i tekhnologii* [Components & Technologies], 9, 154–157. (In Russ.)
27. Semerikova, E. V. (2017). *Ispolzovanie prostranstvennoy zavisimosti v regionalnykh issledovaniyakh na primere analiza bezrabotitsy v Rossii i Germanii. Dis. ... cand. econom. sciences* [The use of spatial dependence in regional studies on the example of the analysis of unemployment in Russia and Germany. Thesis ... Cand. Econ. Sci.]. Moscow. (In Russ.)
28. Bell, K. P. & Bockstael, N. E. (2000). Applying the generalized-moments estimation approach to spatial problems involving micro-level data. *Review of Economics and Statistics*, 82(1), 72–82.
29. Lobodina, O. N. & Schmidt, Yu. D. (2013). Estimation of the influence of spatial factors on the intensity of innovation processes. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of the Pacific State University of Economics], 3(67), 20–30. (In Russ.)
30. Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association — LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115.
31. Suvorova, A. V. (2019). Development of growth poles in the Russian Federation: direct and reverse effects. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny. Fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], 12(6), 110–128. DOI: 10.15838/esc.2019.6.66.6. (In Russ.)
32. Rusanovsky, V. A. & Markov, V. A. (2018). Employment and labor productivity in macroregions of Russia: spatial interdependence. *Problemy prognozirovaniya* [Studies on Russian Economic Development], 2(167), 36–48. (In Russ.)

Информация об авторах

Наумов Илья Викторович — кандидат экономических наук, заведующий лабораторией моделирования пространственного развития территорий; Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/00000-0002-2464-6266>; Researcher ID: U-7808-2017; Scopus ID: 57204050061 (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: ilia_naumov@list.ru).

Дубровская Юлия Владимировна — кандидат экономических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; <https://orcid.org/00000-0002-3205-9264>; Researcher ID: F-2437-2017; Scopus ID: 56327948300 (Российская Федерация, 614000, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29; e-mail: uliadubrov@mail.ru).

Козоногова Елена Викторовна — кандидат экономических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; <https://orcid.org/00000-0001-9573-7336>; Researcher ID: V-8390-2017; Scopus ID: 57202091907 (Российская Федерация, 614000, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29; e-mail: elena.a.semenovaa@gmail.com).

About the authors

Ilya V. Naumov — Cand. Sci. (Econ.), Head of the Laboratory of Modelling the Spatial Development of the Territories, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/00000-0002-2464-6266>; Researcher ID: U-7808-2017; Scopus Author ID: 57204050061 (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: ilia_naumov@list.ru).

Julia V. Dubrovskaya — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University; <https://orcid.org/00000-0002-3205-9264>; Researcher ID: F-2437-2017; Scopus Author ID: 56327948300 (29, Komsomolskiy Av., Perm, 614000, Russian Federation; e-mail: uliadubrov@mail.ru).

Elena V. Kozonogova — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University; <https://orcid.org/00000-0001-9573-7336>; Researcher ID: V-8390-2017; Scopus Author ID: 57202091907 (29, Komsomolskiy Av., Perm, 614000, Russian Federation; e-mail: elena.a.semenovaa@gmail.com).

Дата поступления рукописи: 29.02.2020.

Прошла рецензирование: 26.03.2020.

Принято решение о публикации: 10.06.2020.